

## ELECTROSTRICTION EFFECT ELEMENT

Patent Number: JP3062578

Publication date: 1991-03-18

Inventor(s): KONDO MASAHIRO

Applicant(s): NEC CORP

Requested Patent:  JP3062578

Application Number: JP19890197605 19890728

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L41/09

EC Classification:

Equivalents: JP2893739B2

### Abstract

**PURPOSE:** To improve the reliability for the repletion life of an electrostriction effect element, by a method wherein a metal case and a metal stem composed of alloy, whose thermal expansion coefficient is small, is used and the difference of thermal expansion coefficient between said metal and electrostriction ceramic matrix is reduced.

**CONSTITUTION:** Sheet type electrostriction members and inner electrode conductors are alternately laminated; protecting layers composed of only the electrostriction ceramic members are baked in a body on both ends; then outer electrode conductors and lead wires 6b are formed, and a lamination baked body 3 is formed. Said baked body 3 is surrounded with a case 7 and a stem 9 which are composed of super invar steal whose coefficient of linear thermal expansion is smaller than or equal to  $10 \times 10^{-6}$  / deg.C; the upper surface and the lower surface of the baked body 3 are fixed on the bottom part of the case 7 and on the single surface of the stem 9, respectively, via adhesive agent 11a, 11b. Finally the contact part 9a of the case 7 and the stem 9 is sealed, thereby reducing the stress acting on the interface between the protecting layer and the electrostriction effect layer.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

**This Page Blank (uspto)**

## Best Available Copy

特許出願願います

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特許公報 (B2)

(11) 特許番号

第2893739号

(45) 発行日 平成11年(1999)5月24日

(24) 登録日 平成11年(1999)3月5日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H01L 41/083

識別記号

F I

H01L 41/08

S

請求項の数1(全5頁)

(21) 出願番号 特願平1-197605

(22) 出願日 平成1年(1989)7月28日

(65) 公開番号 特開平3-62578

(43) 公開日 平成3年(1991)3月18日

審査請求日 平成8年(1996)6月28日

(73) 特許権者 99999999

日本電気株式会社

東京都港区芝5丁目7番1号

(72) 発明者 近藤 正博

東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気

株式会社内

(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

審査官 大日方 和幸

(56) 参考文献 特開 昭63-43383 (JP, A)  
特開 昭61-88772 (JP, A)(58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, DB名)

H01L 41/00 - 41/26

(54) [発明の名称] 電歪効果素子

## (57) [特許請求の範囲]

【請求項1】シート状の電歪セラミック部材と内部電極導体とを交互に積層しさるに両端に電歪セラミック部材のみよりなる保護層を積層し一体焼成した後外部電極導体を形成した積層焼結体と、この積層焼結体を取囲み底部がこの積層焼結体の一端と固着されかつこの積層焼結体の変位発生方向に伸縮性を有する金属ケースと、片面が前記積層焼結体のもう一端と固着されこの積層焼結体の外部電極導体とリード線を介して電気的に接続されかつハーメチックシールされた端子とを有しさるに前記金属ケースとの接触部が接続された平板状の金属システムとを含み構成される電歪効果素子において、前記金属ケース又は金属システムの材質が、線膨張係数 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の金属からなることを特徴とする電歪効果素子。

## [発明の詳細な説明]

## [産業上の利用分野]

本発明は、電歪効果を利用した電歪効果素子に関する。

## [従来の技術]

従来、この種の電歪効果素子は、第4図に示すように、シート状の電歪セラミック部材と内部電極導体とを交互に積層しさるに両端に電歪セラミック部材のみよりなる保護層を積層し一体焼成し外部電極導体を形成した積層焼結体3と、この積層焼結体3を取囲み、底部が積層焼結体3の一端と熱硬化性接着剤11aで固着され積層焼結体3の分極方向に伸縮する機構を有するSUS304、SUS303などよりなるステンレスケース17と、片面が積層焼結体3のもう一端と熱硬化性接着剤11bで固着され積層焼結体3の外部電極導体にリード線6a、6bを介して電気的に接続されかつハーメチックシールされた端子8a、8b

を含みさらにステンレスケース17との接触部9aが溶接された平板状のSUS304, SUS303などよりなるステンレスケース17とから構成されている。

〔発明が解決しようとする課題〕

上述した従来の電歪効果素子は、線膨張係数 $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ のセラミック部材と、線膨張係数 $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上の金属部材とを熱硬化性接着剤で接着させた構造をしているため、 $100^{\circ}\text{C}$ 以上の温度に接着された接着剤11aが硬化後常温まで温度が降下すると、セラミック部材と金属部材との線膨張係数の差のために、接着界面付近に応力が常時働いている。

また、金属ケース17に封入していない積層焼結体3に電圧を印加した場合、第5図に示すように、電歪効果層1が $1.5\text{KV/mm}$ 程度の電界強度で電界縦効果により図の長手方向に約0.1%伸長し、電歪横効果により内部電極導体2と平行な方向に約0.03%収縮する。この際保護層3a, 3bには電界が印加されないため伸長も収縮も起らない。その結果、図中点線のように積層焼結体3が変形し、電歪効果層1と保護層3a, 3bの界面に応力が働く。

さらに、この積層焼結体3の上面および下面を、セラミック母材の5ないし6倍の縦弾性率Eを有する金属板20に接着すると、第6図に示す通り、保護層3a, 3bの球面状の自由変形を強制的に平面状に拘束するために、保護層3a, 3bと電歪効果層1, 1n-1との界面に電圧印加時に働く応力はさらに大きなものとなる。

この電歪効果素子を常温において $150\text{V}30\text{Hz}$ の矩形波にて繰返し駆動した場合、108回以上の駆動で磨耗故障領域に入り寿命となる（第3図参照）。

これは、熱膨張係数の差に起因する応力が、保護層3a, 3bと電歪効果層1, 1n-1との界面に潜在的に働いているところへ、さらに電圧印加による応力が繰返し働し、108回程度の繰返して界面が破断する現象がおこるためである。つまり、この現象が電歪効果素子の繰返し寿命を108回程度に規定してしまっているという欠点がある。

本発明の目的は、このような欠点を除き、低熱膨張係数の合金からなる金属ケースを用いて電歪セラミック母材との熱膨張係数の差を少くして応力歪を少くし、素子信頼性を向上させた電歪効果素子を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の構成は、シート状の電歪セラミック部材と内部電極導体とを交互に積層しさらに両端に電歪セラミック部材のみよりなる保護層を積層し一体焼成した後外部電極導体を形成した積層焼結体と、この積層焼結体を取り込み底部がこの積層焼結体の一端と接着されかつこの積層焼結体の変位発生方向に伸縮性を有する金属ケースと、片面が前記積層焼結体のもう一端と接着されこの積層焼結体の外部電極導体とリード線を介して電気的に接続されかつハーメチックシールされた端子とを有しさらに前記金属ケースとの接触部が接続された平板状の金属

ケテムとを含み構成される電歪効果素子において、前記金属ケース又は金属ステムの材質が、線膨張係数 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の金属からなることを特徴とする。

〔実施例〕

次に、本発明について図面を残照して説明する。

第1図は本発明の一実施例の縦断面図、第2図は第1図の電歪効果素子のケースに取り付ける前の積層焼結体の縦断面図を示している。

先ず、例えはニッケルニオブ酸鉛Pb (Ni1/3 Nb2/3) 0.3やチタン酸鉛PbTiO3等を主成分とする電歪材料の予焼粉末に小量の有機バインダを添加し、この混合物を有機溶媒中に分散させて泥漿を準備し、この泥漿でスリップキャスティング成膜法等により層膜約 $100\text{ }\mu\text{m}$ の電歪セラミック部材を形成する。次に、この電歪セラミック部材の片面に重量比7:3の銀粉末とパラジウム粉末との混合粉末、または白金粉末を主成分とする導体ペーストをスクリーン印刷等で約 $10\text{ }\mu\text{m}$ 被着させて内部電極導体2を形成し、これを約150枚積層する。さらに内部電極導体2を印刷していない電歪セラミック部材と、内部電極導体2を印刷した電歪セラミック部材を組み合わせて、第2図に示す電歪効果層11, 12, 1n-2, 1n-1（以下不均一層という）と保護層3a, 3bとを積層する。

本実施例の場合、電歪効果層11, 1n-1は通常の電歪効果層13～1n-3の3倍厚、電歪効果層12, 1n-2は2倍厚とした。これは電圧印加時に電歪不活性で自発的に変形しない保護層3a, 3bと、電歪横効果により第2図の内部電極導体2と平行方向に収縮する電歪効果層1との界面21, 2nに働く応力を多少なりとも緩和するためである

（特公昭63-010596号公報参照）。

このようにシートを積層した後、約 $1100^{\circ}\text{C}$ 、2時間の条件で焼成し、さらに側面を切断して内部電極21～2nの端面が外部に露出した状態の角柱状にする。次に、この角柱の対向する一対の側面に露出した内部電極導体21～2nの端面にその側面において交互に電気泳動法によりガラス粉末の塗布および焼結を施して絶縁層41～4nを形成する。続いて、内部電極導体21～2nを一層おきに電気的に接続するために、銀粉末を主成分とする導電ペーストを印刷塗布して焼成することにより、一対の外部電極導体5a, 5bを形成する。さらに、外部電極導体5a, 5bと電気的に接続されたリード線6a, 6bを設置する。

次に、 $30.5 \sim 32.5\% \text{Ni}, 4 \sim 6\% \text{Co}$ 、残りがFeからなり、線膨張係数 $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ のスーパーインバー銅を片開円筒状に冷間圧延し、さらに液圧押込み法により円筒の一部に凹凸部の7aを設け可撓性を有したスーパーインバー銅ケース7と、ハーメチックシールされた鉄合金、銅合金、ニッケル合金等よりなる一対の外部端子8a, 8bを有しスーパーインバー銅からなる円板状のスーパーインバー銅ステム9とで積層焼結体3を取りみ、この積層焼結体3の上下面を、約 $120^{\circ}\text{C}$  2時間程度で硬化するエボキシ樹脂系の接着剤11a, 11bを介してスーパーインバ

一鋼ケース7の底部およびスーパーインバー鋼システム9の片面にそれぞれ固着させる。この時リード線6a, 6bを外部端子8a, 8bに半田付けあるいは溶着等でそれぞれ電気的に接続しておく。

最後に、真空中、ドライエアー、不活性ガス中でスーパーインバー鋼ケース7とスーパーインバー鋼システム9の接触部9aをレーザービーム溶接法、エレクトロビーム溶接法、抵抗溶接法、Tig溶接法、アーク溶接法等で封止して完成する。

この方法により作成した電歪効果素子を2次元の有限要素法にて解析した。各部材の寸法及び物性値を示すと、積層焼結体3の断面形状は5mm×5mmの正方形、積層焼結体長20mm、保護層3a, 3bの厚さはそれぞれ1.5mm, 3.5mm、電歪効果層11, 12, 1n-2, 1n-1の厚さはそれぞれ0.3mm, 0.2mm, 0.2mm, 0.3mm、電歪効果層13～1n-3の厚さはそれぞれ0.1mmとし、電歪セラミック部材の縦弾性率は4000kgf/mm<sup>2</sup>ボアリン比0.34、熱膨張係数 $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とした。さらに、金属部材との接着層は厚さ30μm、縦弾性率400kgf/mm<sup>2</sup>線膨張係数 $100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、金属部材の線膨張係数はスーパーインバー鋼 $0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ステンレス鋼(SUS304)  $17.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、縦弾性率はそれぞれ15000kgf/mm<sup>2</sup>, 19700kgf/mm<sup>2</sup>とし、また金属部材の寸法は10mm×10mm×5mmの直方体とした。

この構造によると、120°Cで接着剤を硬化後、25°Cに高温した時点で最も機械的強度の低い保護層3a(厚さ1.5mm側)と電歪効果層11との界面に働く応力の最大値は金属部材がステンレスの場合引張りで1.06kgf/mm<sup>2</sup>、せん断で0.03kgf/mm<sup>2</sup>、金属部材がスーパーインバー鋼であった場合引張りで0.003kgf/mm<sup>2</sup>、せん断で0.00002kgf/mm<sup>2</sup>となった。

さらに、電圧150Vを印加してこの電歪効果素子を駆動すると、第5図に示す保護層3a, 3bの球面状変形を、第6図のように金属板20で拘束するために、保護層3a, 3bと電歪効果層11, 1n-1との界面に働く応力はさらに増大する。

熱硬化性接着剤で硬化後、常温において150V印加した場合、前述の2つの原因に基づく応力は積層焼結体の保護層3a, 3bと電歪効果層11, 1n-1との界面の強度にかなり近い。そのため従来の電歪効果素子では108回程度の繰返し駆動が限界だった。積層焼結体の引張り強度は実測では平均1.6kgf/mm<sup>2</sup>程度であり、本実施例の電歪効果素子において、熱膨張係数の差を小さくすることで、界面における応力を激減させることができたという点で、その効果は大きい。

本発明の第2の実施例として、第1の実施例と全く同様に作成した積層焼結体を、線膨張係数約 $3.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

のFe-42%Ni合金を用いたケースに、全く同様の方法にて封止し、これを第1の実施例1と全く同じ条件で有限要素法解析を行った結果、1.5mm圧の保護層3aと電歪効果層11との界面に働く応力の最大値は電圧無印加の状態で、引張りで0.006kgf/mm<sup>2</sup>、せん断で0.20kgf/mm<sup>2</sup>であった。さらに、電圧150V印加によってその界面に働く応力が増大するのは第1の実施例と同じである。従って、界面に働く応力はFe42%Ni合金を用いた場合もかなり低減させることができることになる。

なお、本実施例においては、金属ケースまたは金属システムの材質を、スーパーインバー鋼、Fe-42合金として説明したが、インバー鋼(0.1～0.3%C, 0.4%Mn, 35～36%Ni線膨張係数 $\alpha = 1.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )等の低熱膨張係数 $\alpha$ が $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の合金を用いればよい。

第3図は本発明の効果を説明する特性図で、断面5mm×5mm、積層焼結体長20mmの電歪効果素子の従来例(SUS304使用)と実施例1、実施例2のサンプル各100Pに対して、30Hzの矩形波で150V印加した繰返し寿命試験の結果である。このように本電歪効果素子は109回のパレス印加後も不良は1つも発生しておらず、長寿命化を可能にしたという顕著な結果が見られる。

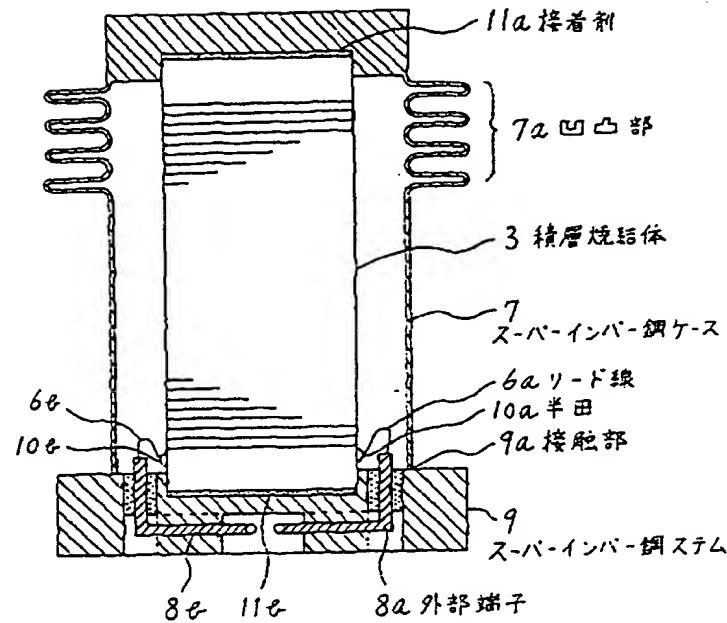
#### 【発明の効果】

以上説明したように本発明は、ケースの材質にスーパーインバー鋼、インバー鋼、Fe-42%Ni合金等の低熱膨張係数をもつ合金を使用することにより、セラミックである積層焼結体との間の熱膨張の差を極力おさえ、保護層-電歪効果層界面に働く応力を低下させることで、電歪効果素子の繰返し寿命に対する信頼性をさらに向上できるという効果がある。

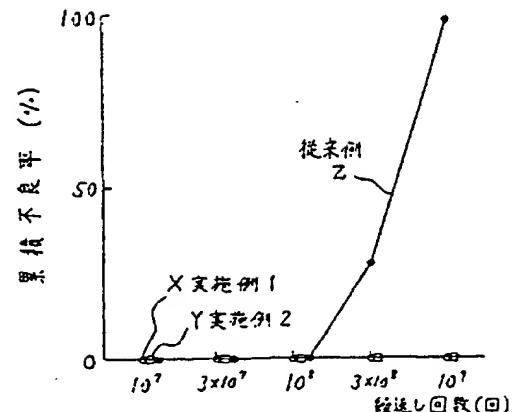
#### 【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の一実施例の電歪効果素子の縦断面図、第2図は第1図の積層焼結体のみの構造を示す縦断面図、第3図は本実施例と従来例の素子の繰返し寿命試験結果を示す特性図、第4図は従来例の電歪効果素子の縦断面図、第5図は積層焼結体単体に電圧を印加した際の変形を示す模式的断面図、第6図は金属部材を接着することで積層焼結体の端部の自由変形を拘束した際の積層焼結体の変形を示す模式的断面図である。  
11～1n-1……電歪効果層、21～2n-1……内部電極導体、3a, 3b……保護層、41～4n-1……絶縁層、5a, 5b……外部電極導体、6a, 6b……リード線、7……スーパーインバー鋼ケース、7a……凹凸部、8a, 8b……外部端子、9……スーパーインバー鋼システム、9a……接触部、10a, 10b……半田、11a, 11b……接着剤、17……ステンレスケース、19……ステンレスシステム、20……金属板。

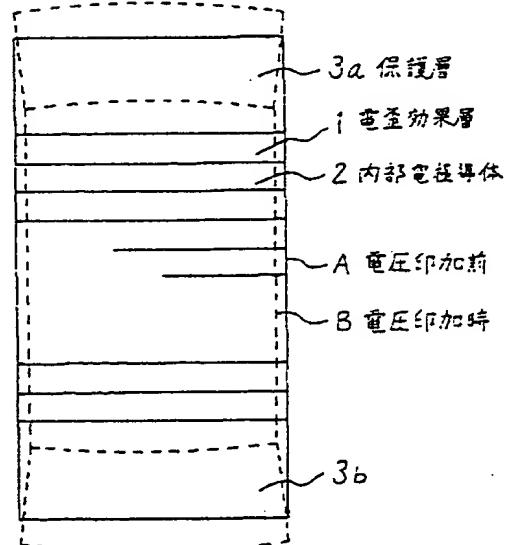
【第1図】



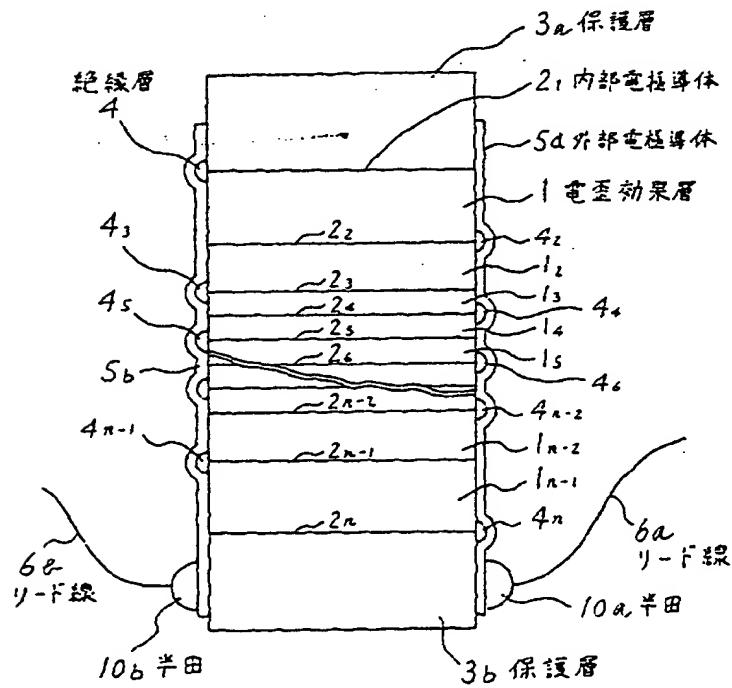
【第3図】



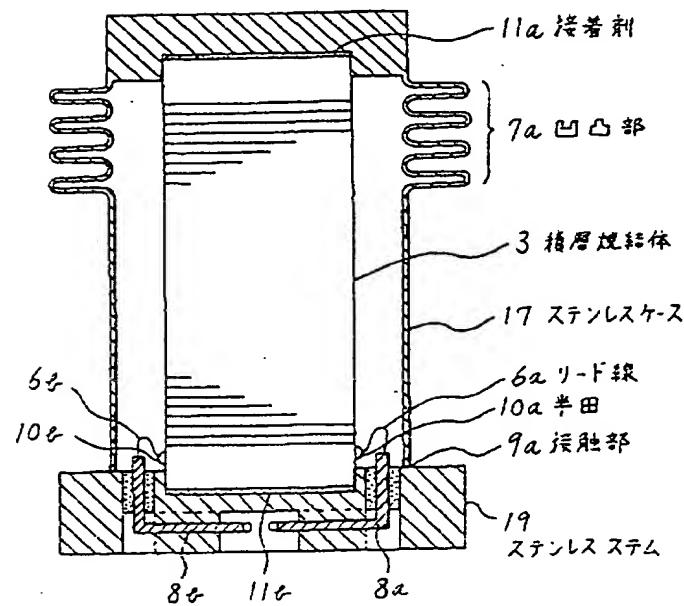
【第5図】



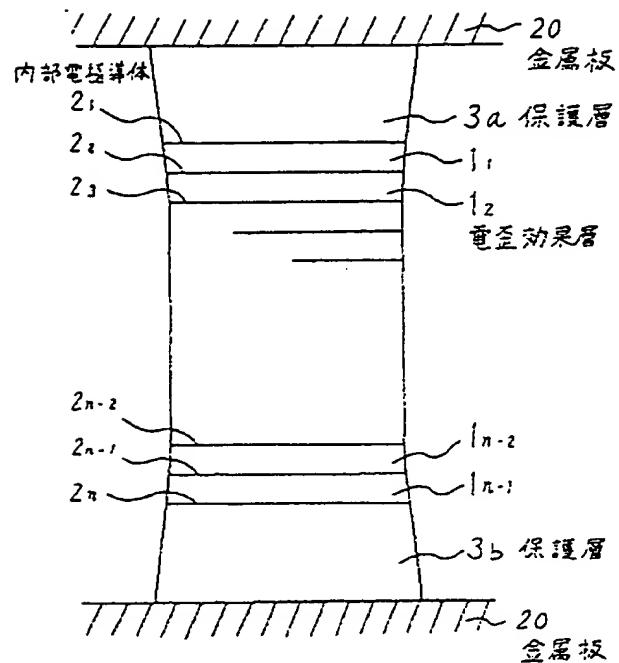
【第2図】



【第4図】



【第6図】



This Page Blank (uspto)